

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

**«ІДЕНТИФІКАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА
ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ»**

Затверджено на засіданні кафедри
організації та автоматизації виробництва
Протокол № 1 від «05» вересня 2023 р.

Запоріжжя 2022



УКЛАДАЧ(І):

1 КОСТІКОВ Олександр, кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри цифрових технологій та проектно-
аналітичних рішень.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри

Ірина СМІРНОВА

УЗГОДЖЕНО:

Керівник департаменту
управління якістю освіти
та міжнародних проєктів

Костянтин МОЙСЕЄНКО

Гарант освітньої програми
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології в металургії та гірництві»

Вікторія МИРОШНИЧЕНКО



1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність, теоретична та практична значущість вивчення навчальної дисципліни.

Актуальність вивчення дисципліни «Ідентифікація, моделювання об'єктів та елементи системного аналізу» у зв'язку із завданнями професійної діяльності та навчання: Підвищення рівня вимог щодо якості підготовки фахівців в галузі автоматизації процесів управління технологічними процесами висуває на перший план формування здібності вирішення задач первинного етапу проектування АСУ ТП – розробки та аналізу математичної моделі досліджуваного процесу чи системи. Складність, слабо виражена внутрішня структура, нестационарність та ціла низка інших особливостей сучасних технологічних процесів зумовлюють необхідність в розробці, вивченні та освоєнні нових концепцій, пов'язаних з моделюванням та ідентифікацією об'єктів автоматизації та систем.

Саме тому сучасному етапі навчальна дисципліна «Ідентифікація, моделювання об'єктів та елементи системного аналізу» є одним з обов'язкових напрямків підготовки фахівців з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій до виробничої та дослідницької роботи з експлуатації та розробки автоматизованих систем управління технологічними процесами та технічних систем різноманітних класів.

Застереження щодо рівня попередніх знань.

- Базові знання з вищої математики, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, теорії автоматичного управління.

Результати навчання та їхня відповідність ОПП.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

- засвоїти термінологію базової теорії ідентифікації та загальносистемних принципів моделювання складних об'єктів та систем;

- набути навичок використання кількісних та якісних методів опису технологічних об'єктів та систем, декомпозиції та синтезу моделей і аналізу на базі сформованих моделей процесів управління в технічних системах, вирішення складних спеціалізованих завдань створення, використання та аналізу моделей для ідентифікації технологічних об'єктів автоматизації;

- набути навичок професійної комунікації й аргументованого дискутування з питань моделювання та ідентифікації технологічних об'єктів автоматизації; пояснення змісту відповідної проблематики в колі фахівців та нефахівців;

- набути навичок самостійного аналізу фактологічного матеріалу, критичного осмислення точок зору на особливості застосування різних методів ідентифікації об'єктів та математичного апарату для створення

моделей об'єктів, використання різноманітних способів аналізу якості сформованих моделей та вибору показників якості проведеного моделювання;

- вміти узагальнювати та деталізувати окремі факти, підходи до моделювання та ідентифікації, процеси управління технологічними об'єктами у зв'язку із завданнями професійної діяльності, прогнозувати можливі наслідки реалізації різних типів та класів використаних моделей а також загальні тенденції розвитку галузі;

Таблиця відповідності програмних результатів вивчення дисципліни компетентностям та програмним результатам, визначеним освітніми програмами, для яких ця дисципліна є обов'язковою

ОПП	Компетентності	ПРН
Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології металургії та гірництві (спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології)	ЗК02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. СК14. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій. СК19. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.	ПР03. Вміти застосовувати сучасні інформаційні технології та мати навички розробляти алгоритми та комп'ютерні програми з використанням мов високого рівня та технологій об'єктно-орієнтованого програмування, створювати бази даних та використовувати інтернет-ресурси. ПР06. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування з використанням новітніх комп'ютерних технологій. ПР012. Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування,



		керування базами даних, методів комп'ютерної графіки. ПР016. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу систем автоматизації та їх складових шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.
--	--	---

Мова освітнього процесу: українська, англійська

Рівень вищої освіти: бакалаврський.

Форми та методи навчання. Освітній процес будується як комбінація лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle — з одного боку, та проблемно орієнтованих практичних занять з відпрацювання навичок ідентифікації технологічних об'єктів — з іншого. Окрім роботи на цих заняттях від студента потребується виконати індивідуальні завдання та модульні контрольні роботи. Опціонально доступні індивідуальні та групові консультації. Підсумковий іспит включатиме тестові та розрахункові завдання.



2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

Змістовий модуль 1. Основи системного аналізу складних систем управління та моделювання систем

Тема 1. Основні поняття системного аналізу і моделювання.

Визначення системного аналізу. Зміст предмета системний аналіз. Сутність і принципи системного підходу. Цілі системного аналізу. Поняття системи та складної системи. Ознаки складних систем. Поняття моделювання. Співвідношення між моделлю та системою. Види моделей та їх класифікація за різними критеріями. Вимоги до моделей. Процес побудови математичної моделі. Аналітичне моделювання. Приклади побудови аналітичних математичних моделей: процес коливань пружного маятника, процес переносу тепла.

Тема 2. Структурний аналіз складних систем управління.

Функціональна, організаційна та технічна структура складних систем управління(ССУ). Формалізація опису структури системи на основі графових моделей. Структурний аналіз об'єкту. Моделювання технічної структури ССУ. Декомпозиція технічної структури ССУ.

Тема 3. Системний аналіз процесу управління в складних системах.

Системний аналіз багаторівневих ієрархічних структур. Класи задач та види управління. Типові функціональні структури систем управління.

Тема 4. Моделювання процесу функціонування складних систем управління.

Формальний опис процесу функціонування ССУ. Опис процесу функціонування ієрархічної системи управління технологічним комплексом (ТК). Агрегативні моделі функціонування ССУ.

Тема 5. Координація, інформаційні характеристики, прийняття рішень в ССУ.


Постановка задачі координації в двохрівневій структурі. Процедури та алгоритми координації. Інформація в задачах управління. Класифікація та визначення видів інформації в ССУ. Ентропійно-інформаційні співвідношення процесу управління. Проблема вибору та прийняття рішень. Моделі прийняття рішень в складних системах управління. Системи підтримки прийняття рішень.

Тема 6. Синтез складних систем управління.

Постановка задачі. Методи архітектурного та системно-технічного синтезу. Синтез оптимальної технічної структури системи управління. Застосування штучних нейронних мереж в системах управління. Методи реінжинірингу при створенні складних систем управління. Методи дослідження операцій в системному аналізі.

Тема 7. Імітаційне моделювання.

Статистичне імітаційне моделювання. Генерація псевдовипадкових величин. Метод середини квадрату. Лінійний



конгруентний метод. Моделювання випадкових подій та дискретних величин. Моделювання нормально розподіленої випадкової величини. Метод, що будується на основі центральної граничної теореми. Метод статистичних випробувань. Метод Монте-Карло. Напрямки використання імітаційного моделювання. Класи задач імітаційного моделювання. Основні етапи побудови імітаційної моделі. Опис концептуальної моделі та перевірка її достовірності.

Тема 8. Моделі в гірничо-металургійному виробництві.

Моделі в агломераційному виробництві. Моделі в доменному виробництві. Моделі в сталеплавильному мартенівському виробництві. Моделі в конверторному виробництві. Моделі при безпосередньому розливанні сталі. Моделі в прокатному виробництві. Моделі в коксохімічному виробництві. Моделі випалення вапняку. Моделі збагачення руд.

Змістовий модуль 2. Методи ідентифікації технологічних об'єктів.

Тема 9. Основні положення теорії ідентифікації.

Основні поняття і визначення теорії ідентифікації. Постановка задачі ідентифікації технологічного об'єкта. Класифікація методів ідентифікації.

Тема 10. Математичні моделі технічних систем.

Класифікація моделей об'єктів управління. Статичні моделі об'єктів управління. Лінійні динамічні неперервні параметричні моделі. Лінійні динамічні дискретні параметричні моделі. Нелінійні динамічні моделі. Математичні моделі в просторі станів. Математичні моделі в просторі станів. Структуровані моделі. Математичні моделі на базі матричних операторів. Керованість, спостережність та ідентифікуємість моделей.

Тема 11. Методи оцінювання структури технологічного об'єкта.

Формулювання задачі і оцінювання структури об'єкта Н-методом. Виділення математичної моделі об'єкта з середовища змінних. Формулювання задачі і оцінювання структури об'єкта К-методом. Метод групового обліку аргументів при оцінюванні структури об'єкта. Визначення структури моделі при різній кількості вимірювань змінних.

Тема 12. Методи непараметричної ідентифікації технологічних об'єктів.

Загальний підхід до методів непараметричної ідентифікації. Визначення передатної функції по часовим характеристикам об'єкта. Визначення передатної функції по частотним характеристикам об'єкта. Кореляційний метод ідентифікації. Ідентифікація параметрів об'єкту спектральним методом. Вплив адитивного шуму на результати ідентифікації.



Тема 13. Ідентифікація об'єктів за передаточною функцією на основі методу площин (метод М.П.Сімою).

Ідентифікація об'єктів регулювання з самовирівнюванням. Ідентифікація об'єктів регулювання без самовирівнювання. Визначення параметрів моделі за площинами. Визначення площин за перехідною кривою. Обрахування моментів чисельними методами. Визначення порядку передаточної функції.

Тема 14. Методи параметричної ідентифікації технологічних об'єктів.

Загальний підхід до оцінювання параметрів технологічних об'єктів. Оцінювання параметрів об'єктів методом найменших квадратів. Використання методу найменших квадратів в задачах ідентифікації. Оцінювання параметрів об'єктів методом допоміжних змінних. Оцінювання параметрів об'єктів методом максимальної правдоподібності. Оцінювання параметрів об'єктів методом стохастичної апроксимації. Порівняльна характеристика рекурентних методів ідентифікації. Особливості параметричної ідентифікації в замкнутих системах.

Тема 15. Ідентифікація при наявності аномальних завод.

Ідентифікація за умов апріорної невизначеності. Робастні методи ідентифікації.

Тема 16. Оцінювання стану об'єкта ідентифікації.

Загальний підхід до задачі оцінювання змінних стану об'єкта. Оптимальний спостерігач повного порядку. Спостерігач стану пониженого порядку.

Тема 17. Порядок обліку реальних умов ідентифікації.

Врахування пропущених вимірювань та зворотних зв'язків об'єкта. Визначення трендів, порядків та запізнь об'єкта. Визначення якості ідентифікації.

Тема 18. Математичне моделювання і ідентифікація технологічних процесів теплової обробки матеріалів.

Математичні моделі теплофізичних процесів теплової обробки матеріалів і їх використання. Приклади моделей технологічних процесів: нагрів металу в прохідних печах, теплові процеси обробки матеріалів в псевдозрідженому шарі, температурного процесу коксування вугілля, безперервного розливання сталі. Ідентифікація параметрів математичних моделей теплофізичних процесів теплової обробки матеріалів. Теоретико-імовірнісний аналіз динаміки технологічних процесів теплової обробки матеріалів.

3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

3.1 Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами для освітніх програм, в яких вивчення дисципліни є обов'язковим

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	В т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
Змістовий модуль 1 Основи системного аналізу складних систем управління та моделювання систем.						
1.	Тема 1. Основні поняття системного аналізу і моделювання.	10	2	2	0	6
2.	Тема 2. Структурний аналіз складних систем управління.	10	2	2	0	6
3.	Тема 3. Системний аналіз процесу управління в складних системах.	10	2	2	0	6
4.	Тема 4. Моделювання процесу функціонування складних систем управління.	10	2	2	0	6
5.	Тема 5. Координація, інформаційні характеристики, прийняття рішень в ССУ.	10	2	2	0	6
6.	Тема 6. Синтез складних систем управління.	10	2	2	0	6
7.	Тема 7. Імітаційне моделювання.	10	2	2	0	6
8.	Тема 8. Моделі в гірничо-металургійному виробництві.	10	2	2	0	6
Змістовний модуль 2. Методи ідентифікації технологічних об'єктів.						
9.	Тема 9. Основні положення теорії ідентифікації.	10	2	2	0	6
10.	Тема 10. Математичні моделі технічних систем.	10	2	2	0	6
11.	Тема 11. Методи оцінювання структури технологічного об'єкта.	10	2	2	0	6
12.	Тема 12. Методи непараметричної ідентифікації технологічних об'єктів.	10	2	2	0	6
13.	Тема 13. Ідентифікація об'єктів за передаточною функцією на основі методу площин (метод М.П.Сімою).	10	2	2	0	6
14.	Тема 14. Методи параметричної ідентифікації технологічних об'єктів.	10	2	2	0	6
15.	Тема 15. Ідентифікація при наявності аномальних завод.	10	2	2	0	6

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	В т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
16.	Тема 16. Оцінювання стану об'єкта ідентифікації.	10	2	2	0	6
17.	Тема 17. Порядок обліку реальних умов ідентифікації.	10	2	2	0	6
18.	Тема 18. Математичне моделювання і ідентифікація технологічних процесів теплової обробки матеріалів.	10	2	2	0	6
Усього годин		180	36	36	-	108

Тут і далі: Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

3.2 Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами в разі вибору даної дисципліни як елементу індивідуальної освітньої траєкторії

Не передбачається.

3.3 Перелік тем практичних завдань/робіт, які підлягають оцінюванню

№ з/п	Назва або опис змісту практичної роботи
1	Матричні операції у системному аналізі.
2	Побудова моделей систем у просторі станів.
3	Ідентифікація параметрів електромеханічної системи по перехідній функції.
4	Ідентифікація параметрів електромеханічної системи по частотним характеристикам.
5	Дослідження впливу навантаження на параметри електромеханічної системи.

3.4 Перелік розрахункових, аналітичних, графічних та ін. індивідуальних завдань

№ з/п	Опис (варіанти) індивідуального завдання
1	Застосування системного підходу до створення складних систем.
2	Ідентифікація параметрів об'єкта з застосуванням спектрального аналізу.

4 ПІДХОДИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

4.1 Складові оцінювання успішності для здобувачів освіти за освітніми програмами, в яких вивчення дисципліни є обов'язковим

Назва і стислий зміст контрольного заходу	Кількість балів
Робота на практичних заняттях	20
Виконання індивідуальних аналітично-розрахункових завдань	40
Модульні контрольні роботи	40
Всього (О)	100
Іспит (І)	100

4.2 Складові оцінювання успішності (для здобувачів освіти, які обрали дану дисципліну як вибірккову)

Назва і стислий зміст контрольного заходу	Кількість балів денна форма
Робота на практичних заняттях	20
Виконання індивідуальних аналітично-розрахункових завдань	40
Модульні контрольні роботи	40
Всього (О)	100


4.3 Порядок визначення підсумкової оцінки

Модульні контрольні роботи складаються на практичних заняттях за розкладом. Графік складання контрольних точок (надання та захисту індивідуальних завдань, модульних контрольних робіт) повідомляється викладачем на початку викладання освітнього компоненту, однак вони мають бути складені не пізніше, як за один тиждень до закінчення семестру (теоретичного навчання) для виставлення оцінки за поточну успішність (О).

Підсумкова оцінка за освітній компонент здобувачам освіти за відповідними ОПП, визначається як середня з двох оцінок (формула нижче); здобувач освіти допускається до екзамену в разі, якщо він набрав більше 35 балів за поточну успішність; іспит вважається складеним, якщо на ньому отримано не менше 60 балів:

$$ПО = \frac{О + І}{2}$$

Підсумкова оцінка (ПО) за освітній компонент здобувачам освіти, які навчаються за відповідними ОПП, визначається на момент закінчення сесійного контролю за результатами остаточної оцінки всіх



контрольних заходів, в т.ч. тих, які були складені після завершення теоретичного навчання, а в разі невиконання вимог – у встановлені терміни ліквідації академічної заборгованості.

Переведення кількості балів у шкалу ECTS (A, B, C, D, E, F, FX) та інші шкали здійснюється відповідно до регламентів Університету.

4.4 Підходи до визнання та перезарахування кредитів/результатів навчання за попередніми рівнями освіти

В рамках процедур визнання та перезарахування кредитів, отриманих в рамках формальної освіти, враховуються кредити та оцінка результатів навчання з дисциплін, споріднених за змістом, отримані на магістерському рівні освіти при відновленні/переведенні на навчання до Університету.

4.5 Підходи до визнання результатів навчання, отриманих у неформальній та інформальній освіті

- Результати неформальної або інформальної освіти можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих індивідуальних завдань, практичних (лабораторних) робіт за узгодженням з викладачем.
- Результати участі у науковій роботі (статті, тези виступів, конкурсні наукові роботи тощо) можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих індивідуальних завдань і модульних контрольних робіт за узгодженням з викладачем.

5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

1. Руденко В.М., Сердюк О.О., Разживін О.В. Ідентифікація і моделювання об'єктів автоматизації: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / В. М. Руденко., О. О. Сердюк, О. В. Разживін, – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 226 с.
2. Букетов А.В. Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів та систем. – Тернопіль: СМП «Тайп». – 2009. – 260 с.
3. Lennart Ljung. System Identification - Theory For the User. — 2-е изд. — N.J.: PTR Prentice Hall, 1999. — ISBN 0-13-656695-2.
4. В.М.Дубовой. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування: навчальний посібник / В.М.Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, - 2012. – 308 с.
5. Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. /А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. — К.: НУХТ, 2013. — 274 с.

Додаткові

1. Wlodzimierz Greblicki, Miroslaw Pawlak. Nonparametric system identification. - Cambridge University Press, 2008. – 319 p. ISBN: 9780521868044, 0521868041
2. Michel Verhaegen, Vincent Verdult. Filtering and system identification: a least squares approach. - Cambridge University Press, 2007. – 422 p. ISBN: 0521875129, 9780521875127, 9780511279508

Web-ресурси

1. System Identification Toolbox. – Режим доступу: <https://uk.mathworks.com/products/sysid.html>
2. System Identification Toolbox. – Режим доступу: <https://exponenta.ru/system-identification-toolbox>
3. International Federation Of Automatic Control. Software-tools. – Режим дос-тупу: <https://tc.ifac-control.org/1/1/links/software-tools>
4. International Society of Automation. – Режим доступу: <https://www.isa.org/default.aspx>

6 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

Як член студентської спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» Ви маєте дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

- Шахрайство та плагіат заборонені.
- Матеріали в рамках курсу, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс. зарахованих на курс для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.
- Спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.
- Очікується, що Ви перевірятимете всі Ваші письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення, на коректність змісту та мови.
- Університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти – здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

[Академічні політики - Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university)